

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC986 US PTO  
09/963471  
09/27/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年 3月15日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-074857

出 願 人  
Applicant(s):

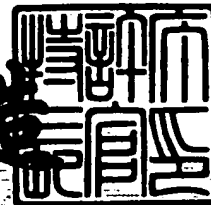
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 7月19日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



#2  
Attorney Docket No. 1081.1130

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Hiroaki TOMOFUJI, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: September 27, 2001

Examiner:

For: OPTICAL DEVICE AND WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING COMMUNICATION  
SYSTEM USING THE SAME

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)  
herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2001-074857

Filed: March 15, 2001

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing  
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the  
requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

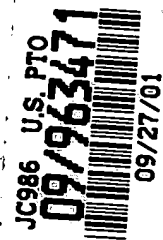
STAAS & HALSEY LLP

Date: September 27, 2001

By: 

James D. Halsey, Jr.  
Registration No. 22,729

700 11th Street, N.W., Ste. 500  
Washington, D.C. 20001  
(202) 434-1500



【書類名】 特許願

【整理番号】 0052834

【提出日】 平成13年 3月15日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H04J 14/02

【発明の名称】 光デバイス及びこれを用いる波長多重通信システム

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 友藤 博朗

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 片桐 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094514

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 恒▲徳▼

【代理人】

【識別番号】 100094525

【弁理士】

【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704944

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス及びこれを用いる波長多重通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長多重された信号光を入力し、第1波長帯域とその他の波長帯域に分波する第1分波器と、

該第1分波器のその他の波長帯域の光を入力し、前記第1波長帯域と異なる第2波長帯域とその他の波長帯域に分波する第2分波器と、

該第2分波器で抽出した第2波長帯域の光を入力し、少なくとも該第2波長帯域を第1合波器に出力する第2波長器とを有し、

前記第1合波器は、前記第1分波器の第1波長帯域の光と前記第2合波器からの光を合波して出力する

ことを特徴とする光デバイス。

【請求項2】 請求項1において、

更に、少なくとも前記第1と第2波長帯域の間の波長帯域とその他の帯域に分波する第3分波器と、

該第3分波器で分波された前記第1と第2波長帯域の間の波長帯域を入力し、少なく該第1と第2波長帯域の間の波長帯域を第2合波器に出力する第3合波器とを有し、

前記第2合波器は、前記第2分波器の第2波長帯域の光と前記第3合波器からの光を合波して前記第1合波器に出力する

ことを特徴とする光デバイス。

【請求項3】

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、

前記光分波器は、前記波長多重された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された信号光の残りの信号光に対応する、前記波長多重された奇数番号又は

偶数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された信号光に、前記第一の分波器で分波された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第二の合波器を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項 4】

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、

前記光分波器は、前記波長多重された奇数番号の波長グループの信号光と、偶数番号の波長グループの信号光とに分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された奇数番号及び、偶数番号の波長グループの信号光を各々の波長グループに分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で各々の波長グループに分波された信号光を、偶数番号の波長グループと奇数番号の波長グループの各々に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された偶数番号の波長グループの信号光と奇数番号の波長グループの信号光を合波する第二の合波器を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項 5】

波長多重された光信号を伝送する伝送路光ファイバー途中に補償ノードを有する波長多重通信システムにおいて、前記補償ノードは、

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器で分波される波長グループの光信号に対し、レベル調整と波長分散補償を行う機能部と、前記機能部によりレベル調整と波長分散補償をされた、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスを備え、

前記光分波器は、前記波長多重された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で

分波された信号光の残りの信号光に対応する、前記波長多重された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された信号光に、前記第一の分波器で分波された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第二の合波器を有することを特徴とする波長多重通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光デバイス及び、これを用いる波長多重 (Wavelength Division Multiplexing) 通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、インターネット、及び画像伝送等の普及に伴い爆発的な通信需要を担うために波長多重光通信 (WDM) システムの開発、導入が進められている。特に、WDMシステムに関し、波長数の拡大や一波当たりの伝送速度の向上により大容量伝送が追求され、更に高価な3R (受信/再生/中継機能) 再生中継器を挿入することなく、3000Km程度の超長距離伝送の実現が検討されている。

【0003】

このような超長距離伝送においては、チャンネル波長間のレベル偏差の累積と、各チャンネル間の波長分散偏差の累積が問題となる。

【0004】

さらに、チャンネル波長間のレベル偏差は、WDM用光増幅器の利得偏差及び、短波長側の光信号が励起光となり長波長側の信号に対する増幅効果を生じる誘導ラマン効果散乱 (SRS : Stimulated Raman effect Scattering) 等の非線形効果により発生する。

【0005】

このためレベルの低下したチャネル信号では光 S N R（信号対雑音比）が劣化する。これにより伝送距離が制限されてしまう。

## 【0006】

さらに、高速伝送システムではパルス幅の分散の管理が重要である。光受信器には波長の分散許容量が存在し、10Gb/sの速度では約1000ps/nmの分散量以下に収めることが要求される。

## 【0007】

一方、伝送路ファイバーの種類により固有に存在する伝送路ファイバーの分散係数を補償するために各インラインアンプに分散補償ファイバー（DCF：Dispersion Compensation Fiber）を挿入し、一括して分散補償を行なっている。さらに、伝送路ファイバーの分散係数が波長に対してスロープを持つために、分散補償ファイバーについても逆スロープを持たせ、各波長での分散の偏差を補償する様に設計している。

## 【0008】

しかし、現状使用されているNZ-DSF（Non Zero-Dispersion Shift Fiber）に対しては、分散補償ファイバーによって完全に分散スロープまでを補償することが困難である。このため、長距離伝送するにつれて、各波長間の分散偏差が増大し、光受信器の分散許容量を超えてしまう。

## 【0009】

したがって、かかるレベル偏差及び分散スロープ偏差の累積を解決するために、数スパン毎に補償ノードを置くことが検討されている。補償ノードを備えた光多重伝送システムの構成例を図1に示す。

## 【0010】

一例として図1に示す基幹系の光通信システムでは、端局Aと端局Bとの間は1500km程の超長距離光伝送路で繋がれている。端局Aから端局Bへの信号伝送を想定すると、端局Aにおいて、それぞれ異なる波長の光信号が光送信器100により入力される。そして、複数の波長の光信号は光合波器101により波長多重され伝送路ファイバー102に送り出される。

## 【0011】



伝送路ファイバー 1 0 2 には所定距離、例えば 8 0 ~ 1 0 0 K m 毎を 1 スパンとして光アンプ 1 0 3 が挿入され、光信号レベルを維持する。さらに、数スパン毎に補償ノード 1 0 4 が挿入される。補償ノード 1 0 4 において、上記のレベル偏差及び分散スロープ偏差の累積を解決するために、それぞれの累積に対しレベル調整及び分散補償を行う光デバイスとして、光合分波器が備えられる。

## 【 0 0 1 2 】

一方、端局 B においては、光分波器 1 0 5 が備えられる。この光分波器 1 0 5 で光伝送路ファイバー 1 0 2 を通して送られた波長多重された光信号を波長毎に分離し、対応する光受信器 1 0 6 に入力して信号再生が行われる。

## 【 0 0 1 3 】

図 2 は、上記の補償ノード 1 0 4 に置かれる、光デバイスとしての光合分波器の構成例を示す図である。ここでの光合分波器は構成要素として光分波器 1、波長グループ毎に備えられるレベル調整のための光アッテネータ 2 と、分散補償ファイバー 3、及び光合波器 4 を有している。

## 【 0 0 1 4 】

光分波器 1 において、入力する波長多重された光信号は波長グループ単位で一旦分波される。その後に波長グループ対応に光アッテネータ 2 で光信号のレベルを調整し、分散補償ファイバー 3 により分散偏差を調整し、再び光合波器 4 で合波される。

## 【 0 0 1 5 】

ここで、個別の波長毎ではなく、波長グループ単位で分波し、及び合波するのは、光アッテネータ 2 及び分散補償器 3 の数量とサイズを低減するためである。

## 【 0 0 1 6 】

図 3 は、波長グループを説明する図である。複数の光信号の波長多重されるそれぞれの波長が波長軸上に割り当てられている。図示される如く波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G2$ 、 $\lambda G3 \cdots$  単位で分波し、及び合波するために、光分波器 1 において矩形状の遮断特性をもつフィルタ特性が必要である。

## 【 0 0 1 7 】

しかし、かかる矩形状の遮断特性のフィルタを構成することは実現が困難であ

る。このため、グループ波長間に光信号を配置しないガードバンドGBを設けている。図3の例では3波長分がグループ波長間に光信号を配置しないガードバンドGB領域とされている。

## 【0018】

さらに、補償ノード104で光信号の挿入／分離（add／drop）を行う場合の、光合分波器の構成を図4に示す。図4において、光信号の挿入／分離（add／drop）機能を実現できるように、光分波器1で各波長グループに分波した後に更に、分波器5を追加して各波長に分離する。

## 【0019】

また光合波器4で各波長グループを合波する前に、合波器6、7を追加して挿入される光信号を、波長毎に合波することも可能である。

## 【0020】

ここで、上記補償ノード104における光合分波器の光分波器1及び光合波器4に使用するための合分波フィルタには、他のポートとのアイソレーションの確保及び低損失特性が要求される。

## 【0021】

一般には、合分波フィルタは、図5に示す様な誘電体多層膜フィルタ10を多段に組み合わせて実現している。誘電体多層膜フィルタ10は、基板上に交互に積み重ねた誘電体薄膜の干渉効果を利用したものである。図5Aに示すバンドパスフィルタタイプでは、光の入射ポート①に対し、特定波長光を透過出力する透過ポート②と、特定波長光以外の光を遮断反射する反射ポート③を有している。

## 【0022】

したがって、誘電体多層膜フィルタの透過特性を示す図6において、入射ポート①に入射する光信号の特定波長 $\lambda_1$ 成分が透過ポート②に出力され、特定波長 $\lambda_1$ 以外の成分は、反射されて反射ポート③から出力される。

## 【0023】

図7は、図5に示す誘電体多層膜フィルタ10を多段に組み合わせて構成される光デバイスとしての、従来の光合分波器を示す図である。

## 【0024】

なお、図 7 において、補償ノード 1 0 4 としての機能を持たせるために、光分波器 1 及び光合波器 4 の間に光アッテネータ 2 及び分散補償ファイバー 3 が備えられているが、光分波器 1 及び光合波器 4 の間に備えられる機能的な要素を変えることにより補償ノード 1 0 4 に使用されることに限定されない光デバイスを得ることができる。以下に説明される例においても同様である。

## 【 0 0 2 5 】

図 7 において、光分波器 1 を構成する誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 5 が、前段の誘電体多層膜フィルタの反射ポートの反射光③が自己の入射ポート①に入射するように順次に直列に接続されている。

## 【 0 0 2 6 】

誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 5 の透過ポート③からそれぞれ各波長グループ  $\lambda G1 \sim \lambda G5$  が透過出力される。

## 【 0 0 2 7 】

さらに、光合波器 4 は、同様に誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 6 ~ 1 0 - 1 0 を有して構成され、それぞれ誘電体多層膜フィルタは、図 5 B に示すように 3 つの入出力ポート①'、②'、③' を有し、図 5 A に示す誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 5 と可逆の入出力特性を有している。

## 【 0 0 2 8 】

したがって、図 5 B に示すポート①'、②'、③' は、図 5 A に示すポート①、②、③にそれぞれ対応する。

## 【 0 0 2 9 】

この可逆の入出力特性により一方の入力ポート②' には、光分波器 1 の誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 5 の対応する透過ポート③から出力される透過光を入力し、入力された透過光はそのまま出力ポート③' に出力される。さらに、他方の入力ポート①' には前段の誘電体多層膜フィルタの出力ポート③' の出力が入力されるように誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 6 ~ 1 0 - 1 0 が順次に直列に接続されている。

## 【 0 0 3 0 】

この他方の入力ポート①' に入力される光は、出力ポート③' に反射出力され

る。したがって、光分波器 1 で分波された波長  $\lambda G1 \sim \lambda G5$  の波長グループの光信号は、光合波器 4 の誘電体多層膜フィルタ 10-6 ~ 10-10 で順次に波長多重され、出力される。

## 【0031】

## 【発明が解決しようとする課題】

ここで、伝送速度が高速化すると上記誘電体多層膜フィルタの帯域内の平坦性が重要になる。平坦性が保たれていないと波形歪みが発生し、光合分波器を備え補償ノードを多段に通過することにより歪みが累積し、受信特性が劣化する。

## 【0032】

一方、隣接の波長グループに対して、フィルタは 20 ~ 30 dB の高アイソレーション特性が要求される。アイソレーション量が充分にとれていないと、合波器 4 の出力で同一信号が異なるポートを経由して合波され、コヒーレントクロストーク成分となる。これにより信号に干渉雑音を与えることになる。

## 【0033】

したがって、高アイソレーションを得るためにはフィルタに対し、急峻な遮断特性が要求される。しかし、誘電体多層膜フィルタの特性として、急峻なフィルタ特性と平坦な帯域特性の両立が困難である。このために波長グループ間に信号を配置しないガードバンド GB を広く設ける必要がある。

## 【0034】

ここで、波長のグルーピングの方法を図 3 に示したように定義し、一つのグループの使用チャンネル (live ch) 数を  $m$ 、グループ間のガードバンド GB 内に置かれる不使用チャンネル (dead ch) 数を  $n$  とし、この関係を帯域使用効率として  $(m, n)$  で表すと、図 3 に示す例では  $(5, 3)$  となる。

## 【0035】

したがって、誘電体多層膜フィルタを用いる場合であって、上記の帯域使用効率  $(m, n)$  の関係を  $(6, 3)$  又は、 $(5, 3)$  のようにした場合、帯域の使用効率  $(= 1 \text{ グループ当たりの信号帯域幅} / \text{グループ波長の周期波長間隔})$  が 60 % 程度となり、分散補償を必要としないシステムと比較して帯域の使用効率の拡大が課題となる。

## 【 0 0 3 6 】

さらに、前提として増幅器の帯域特性から増幅出来る波長数の範囲が制限される。したがって、上記のグループ間のガードバンドGB内に置かれる不使用チャネル (dead ch) 数が多くなる程、増幅器の帯域特性内で増幅の対象とされる有効波長数も減少することになる。

## 【 0 0 3 7 】

かかる点から本発明の目的は、1グループ当たりの信号帯域幅の割合を大きくして帯域の使用効率を高めることを可能とする、光デバイス及びこれを用いる波長多重伝送システムを提供することにある。

## 【 0 0 3 8 】

## 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決する本発明に従う光デバイスは、波長多重された信号光を入力し、第1波長帯域とその他の波長帯域に分波する第1分波器と、前記第1分波器のその他の波長帯域の光を入力し、前記第1波長帯域と異なる第2波長帯域とその他の波長帯域に分波する第2分波器と、前記第2分波器で抽出した第2波長帯域の光を入力し、少なくとも前記第2波長帯域を第1合波器に出力する第2波長器とを有し、前記第1合波器は、前記第1分波器の第1波長帯域の光と前記第2合波器からの光を合波して出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 9 】

上記の課題を解決する本発明に従う光デバイスの好ましい態様として更に、少なくとも前記第1と第2波長帯域の間の波長帯域とその他の帯域に分波する第3分波器と、前記第3分波器で分波された前記第1と第2波長帯域の間の波長帯域を入力し、少なくとも前記第1と第2波長帯域の間の波長帯域を第2合波器に出力する第3合波器とを有し、前記第2合波器は、前記第2分波器の第2波長帯域の光と前記第3合波器からの光を合波して前記第1合波器に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 4 0 】

さらに、上記の課題を解決する本発明に従う光デバイスの好ましい態様として、波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波

器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、前記光分波器は、前記波長多重された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された信号光の残りの信号光に対応する、前記波長多重された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第二の分波器を有し、前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された信号光に、前記第一の分波器で分波された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第二の合波器を有することを特徴とする。

## 【 0 0 4 1 】

さらにまた、上記の課題を解決する本発明に従う光デバイスの好ましい態様として、波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、前記光分波器は、前記波長多重された奇数番号の波長グループの信号光と、偶数番号の波長グループの信号光とに分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された奇数番号及び、偶数番号の波長グループの信号光を各々の波長グループに分波する第二の分波器を有し、前記光合波器は、前記第二の分波器で各々の波長グループに分波された信号光を、偶数番号の波長グループと奇数番号の波長グループの各々に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された偶数番号の波長グループの信号光と奇数番号の波長グループの信号光を合波する第二の合波器を有することを特徴とする。

## 【 0 0 4 2 】

さらに、上記の課題を解決する本発明に従う、波長多重された光信号を伝送する伝送路光ファイバー途中に補償ノードを有する波長多重通信システムにおいて、前記補償ノードは、波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器で分波される波長グループの光信号に対し、レベル調整と波長分散補償を行う機能部と、前記機能部によりレベル調整と波長分散補償をされた、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバ

イスを備え、前記光分波器は、前記波長多重された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された信号光の残りの信号光に対応する、前記波長多重された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第二の分波器を有し、前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された信号光に、前記第一の分波器で分波された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第二の合波器を有することを特徴とする。

【 0 0 4 3 】

本発明の更なる特徴は、以下の発明の実施の形態の説明から明らかになる。

【 0 0 4 4 】

【発明の実施の形態】

以下、図面に従い本発明の実施の形態を説明する。

〔第 1 の実施の形態例〕

図 8 は、本発明に従う光デバイスの一例としての光合分波器の構成例を示す図である。

【 0 0 4 5 】

図 8 において、光分波器 1 は、第一の分波器として光サーキュレータ回路 1 1 - 1、1 1 - 2 を有し、第二の分波器として誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 を有して構成される。

【 0 0 4 6 】

光合波器 4 は、第一の合波器として誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 4 ~ 1 0 - 6 を有し、第二の合波器として光サーキュレータ回路 1 1 - 3、1 1 - 4 を有して構成される。

【 0 0 4 7 】

上記の第一の分波器としての光サーキュレータ回路 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 のそれぞれは、図 9 に示すように、3 つの端子を有する光サーキュレータ 1 1 0 とその一端に接続されるファイバグレーティング (FBG) 1 1 1 で構成される。

## 【0048】

光サーキュレータ110は、入射光と出射光が循環関係にあつて、入射光と出射光を分離する機能を持つ非相反デバイスである。ファラデー効果と偏波合成分離を利用して構成される。

## 【0049】

また、ファイバグレーティング(FBG)111は、光ファイバーの軸に沿つてコア内に細かなピッチの周期的屈折率分布を持たせたものである。図10に示すように、ファイバグレーティング(FBG)111は、狭帯域波長フィルタとして機能し、特定波長帯域光のみ反射し(①→①)、その他の帯域の光信号は透過される(①→②)。

## 【0050】

図11は、誘電体多層膜フィルタと、ファイバグレーティング(FBG)との特性を比較する図である。図11のAは、誘電体多層膜フィルタの帯域特性であり、図11のBは、ファイバグレーティング(FBG)の帯域特性である。図11から理解される様に、ファイバグレーティング(FBG)を用いることにより誘電体多層膜フィルタよりも急峻な遮断特性が得られる。

## 【0051】

かかる特性のファイバグレーティング(FBG)を用いた光サーキュレータ回路11-1～11-4について図9に戻り更に説明する。図9において、光サーキュレータ110の入出力端子を①②及びファイバグレーティング(FBG)111の端子を③とすると、端子①への入射光のうち特定波長グループ $\lambda_{Gi}$ はファイバグレーティング(FBG)111で反射され、光サーキュレータ110の出力端子②に出射される。

## 【0052】

一方、特定波長グループ $\lambda_{Gi}$ 以外の波長グループは、ファイバグレーティング(FBG)111をそのまま通過し、端子③に出射する。

## 【0053】

このようなサーキュレータとファイバグレーティング(FBG)を用いるサーキュレータ回路と、誘電体多層膜フィルタとの特性例の比較を纏めると、下記表



の如くである。

【0054】

【表1】

	サーキュレータ回路 (ファイバグレーティング+サーキュレータ)	誘電体多層膜フィルタ
挿入損失 (①→②)	1.4 dB	1.5 dB
挿入損失 (①→③)	0.8 dB	0.3 dB
アイソレーション量 (①→③、遮断波長 に対する値)	>40 dB	>25 dB
遮断特性	誘電体多層膜フィルタより透過帯域の 平坦性を確保しつつ急峻な遮断特 性を作成可能	

このような特性を有する光サーキュレータ回路 11-1～11-4 を用いた光分波器 1 において、図 8 に示すように第一の分波器を構成するサーキュレータ回路 11-1 とサーキュレータ回路 11-2 は直列に接続され、波長多重された偶数番号のチャンネル群、図 8 の例では第 2 及び第 4 番目のチャンネル群の波長グループ  $\lambda_{G2}$ 、 $\lambda_{G4}$  に対応する信号光を順次に分波する。

【0055】

すなわち、サーキュレータ回路 11-1、11-2 において、対応するファイバグレーティング (FBG) により反射された波長グループ  $\lambda_{G2}$ 、 $\lambda_{G4}$  の光信号がそれぞれサーキュレータに反射入力され、光アッテネータ 2 と、分散補償ファイバー 3 を通り、対応する光合波器 4 のサーキュレータ回路 11-3、11-4 に入力する。

【0056】

この関係が図 12 に示される。図 12 A は、図 8 の (a) 点の入力信号波長を示している。図 12 B は、光サーキュレータ回路 11-1 から出力される  $\lambda_{G2}$  の波長グループの光信号波長である。さらに図 12 C は、光サーキュレータ回路 11-2 から出力される  $\lambda_{G4}$  の波長グループの光信号波長である。

【0057】

したがって、光分波器 1 の誘電体多層膜フィルタ 10-1 の入力は、図 12 C

に示されるように、波長多重された光入力信号光の波長グループ（図 1 2 A）から、偶数波長グループ  $\lambda G2$ 、 $\lambda G4$ （図 1 2 B、図 1 2 C）が除かれ、グループ間の間隔が広がっている（図 1 2 D 参照）。

## 【 0 0 5 8 】

ついで、グループ間の間隔が広がった状態により、直列に接続されたより緩やかな遮断特性の誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 を第 2 の分波器として用いることが可能であり、それぞれ奇数番号の波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  を順次に分離する（図 1 2 E、F、G 参照）。

## 【 0 0 5 9 】

誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 における波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  の分離の原理は、先に図 5 において説明した動作と同様である。

## 【 0 0 6 0 】

一方、図 8 の光合波器 4 において、奇数番号の波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  を誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 4 ~ 1 0 - 6 により構成される第一の合波器を用いて合波する。

## 【 0 0 6 1 】

合波された波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  に対し、更にそれぞれサーキュレータ 1 1 0 とファイバグレーティング（FBG）1 1 1 の組合せを有するサーキュレータ回路 1 1 - 3、1 1 - 4 により構成される第二の合波器により偶数波長グループ  $\lambda G4$ 、 $\lambda G2$  が順次に合波されて出力される。

## 【 0 0 6 2 】

ここで、ファイバグレーティング 1 1 1 は急峻な遮断特性と帯域内平坦性を持つが、サーキュレータ 1 1 0 と組み合わせて使用されるために損失が大きくなる。しかし、上記の図 8 に示す構成では、ガードバンド GB を広げることができるので、遮断特性の緩やかな誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 を併用できる。その結果として低損失で帯域使用効率の高い光合分波器が構成できる。

## 【 0 0 6 3 】

図 1 2 A に示されるように、図 8 の実施の形態例では、入力信号の帯域使用率は（6，2）即ち、グループ内の波長数は 6 に、ガードスペース GB の不使用

波長数は2に改善されている。この場合、図7の従来例の帯域使用効率(5, 3)は62%であるのに対し、75%に向上されている。

## 【0064】

また、図8の実施の形態例構成では最初にサーキュレータ回路11-1, 11-2により波長グループを間引いているので、後半の誘電体多層膜フィルタ10-1~10-3の使用が可能となる。これらサーキュレータ回路と誘電体多層膜フィルタを組み合わせることにより通過損失を最初とすることが可能である。

## 【0065】

ここで上記原理に基づきサーキュレータ110とファイバグレーティング111を用いたサーキュレータ回路のみを用いて、図13に示すように光号分波器を構成することも可能である。

## 【0066】

なお、上記の波長グループ $\lambda_{Gi}$ としては、50GHz間隔で並んだ6以上の光信号であり、波長グループ間は150GHz以下の信号を設けないガード領域を設ける。したがって、ファイバグレーティングの帯域幅として300Hz以上の広帯域なものが要求される。

## 【0067】

さらに、図8の実施の形態例において、初めに偶数波長信号グループを分波し、次いで、奇数波長信号グループを分波しているが、本発明の適用はかかる分波の順に限定されない。すなわち、初めに奇数波長信号グループを分波し、次いで、偶数波長信号グループを分波するように構成することも可能である。

## [第2の実施の形態例]

図14は、更に本発明に従う光デバイスの例としての光合分波器の第2の実施の形態例を示す図である。図15は、図14の対応する各部位での波長成分スペクトルを示す図である。また、図16は、本実施の形態例における波長分離特性を説明する図である。

## 【0068】

図14に示す実施の形態例の特徴は、図16に示すような周期的な波長分離特性を有し、急峻な遮断特性を持つフィルタ(広帯域インターバフィルタ)12

- 1 で波長グループ信号光を一つおきに分離する。

【 0 0 6 9 】

すなわち、図 1 5 A に示す光分波器 1 の入力端 (a) 点における波長グループ  $\lambda G1 \sim \lambda G5$  を第一の分波器として機能するフィルタ 1 2 - 1 で一つ置きに分離して、偶数波長グループ  $\lambda G2$ 、 $\lambda G4$  (図 1 5 B) と奇数波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  (図 1 5 C) に分離する。

【 0 0 7 0 】

このようにして、波長グループ間の間隔が広がったところで、フィルタ (広帯域インターバフィルタ) 1 2 - 1 に比べて比較的緩やかな遮断特性でもよい多層誘電膜フィルタ 1 0 - 1、1 0 - 2 及び 1 0 - 3、1 0 - 4、1 0 - 5 を第二の分波器として用いる。

【 0 0 7 1 】

すなわち、第二の分波器を構成する多層誘電膜フィルタ 1 0 - 1、1 0 - 2 で偶数波長グループ  $\lambda G2$ 、 $\lambda G4$  を順次に分離する。同時に第二の分波器を構成する多層誘電膜フィルタ 1 - 3、1 0 - 4、1 0 - 5 で残りの奇数波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  を順次に分離する。

【 0 0 7 2 】

光合波器 4 における合波の手順は、光分波器 1 の分波手順と逆の過程をたどり、偶数波長グループ  $\lambda G2$ 、 $\lambda G4$  を第一の合波器を構成する多層誘電膜フィルタ 1 0 - 6、1 0 - 7 で、奇数波長グループ  $\lambda G1$ 、 $\lambda G3$ 、 $\lambda G5$  を同様に第一の合波器を構成する多層誘電膜フィルタ 1 0 - 8、1 0 - 9、1 0 - 1 0 で波長グループ毎に順次に合波する。

【 0 0 7 3 】

ついで、合波された奇数及び偶数波長グループを第 2 の合波器としてのフィルタ (広帯域インターバ) 1 2 - 2 で合波して出力する。第 2 のフィルタ 1 2 - 2 は、第 1 のフィルタ 1 2 - 1 と逆の特性を有する。すなわち、分離されている一方の波長グループを他方の波長グループに波長軸上で挿入して合成する機能を有する。

【 0 0 7 4 】

ここで、上記のフィルタ 1 2 - 1、1 2 - 2 は、実施例として導波路型の MZ (マッハツェンダ : Mach-Zehnder) ) 干渉計型インターリーブ合分波器を適用することができる。

## 【 0 0 7 5 】

例えば、1 9 9 9 年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会予稿集の P 2 0 2 (C - 3 - 9 6) に記載される様な、位相差が 2 L と 1 L の MZ (マッファツェンダー) 干渉計を 2 段縦続することにより、前記予稿集の図 2 に示されるフィルタ特性の様に櫛歯形状のフィルタ特性を得ることができる。したがって、この櫛歯形状のフィルタ特性を図 1 6 に示した透過特性に対応させることにより光分波器 1 側のフィルタ 1 2 - 1 を得ることができる。

## 【 0 0 7 6 】

一方、フィルタ 1 2 - 1 の入出力特性は可逆であるので入出力を反対にすることにより、フィルタ 1 2 - 1 と同じ構成で光合波器 4 側のフィルタ 1 2 - 2 において、一方の波長グループを他方の波長グループに波長軸上で挿入して合成することができる。

## 【 0 0 7 7 】

ここで、上記の第 2 の分波器として、後に説明する実施の形態例で適用した A WG (Arranged Waveguide Grating) を用いる構成も可能であり、上記のインターリーバ構成のフィルタ 1 2 - 1、1 2 - 2 と組み合わせることにより、同一導波路基板上に光回路が形成可能であり、小型、低コスト化が図れる。

## 【 0 0 7 8 】

なお、上記実施の形態例において、波長グループとしては、例えば、5 0 G H z 間隔で並んだ 6 以上の信号であり、波長グループは 1 5 0 G H z 以下の信号を設けないガードスペース領域を設定する。広帯域のインターリーバフィルタ 1 2 - 1、1 2 - 2 の平坦部の帯域としては、3 0 0 G H z 以上が必要である。

## 【 0 0 7 9 】

なお、図 1 4 において、A d d / D r o p フィルタ部を適用する場合の構成も示されている。A d d / D r o p フィルタ部は、DMUX フィルタ 5、及び MUX フィルタ 7 を設けて構成される。また、DMUX フィルタ 5 から分岐されずに

MUXフィルタ 7 に入力される場合は、レベル調整が必要であるのでレベル調整器 2 が設けられている。

#### [第 3 の実施の形態例]

図 1 7 は、図 8 に示した実施の形態例の変形である。図 1 7 の構成において、光分波器 1 の構成は、図 8 の実施の形態例構成と同じである。異なる点は、光合波器 4 において、分離された波長グループの合波の順番が図 8 に示す実施の形態例と逆にされている点である。

#### 【 0 0 8 0 】

図 8 の実施の形態例では、分離された奇数番に相当する波長グループの信号光を先に順次に誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 4 ~ 1 0 - 6 により合波し、次いで、サーキュレータ回路 1 1 - 3、1 1 - 4 により、偶数番に相当する波長グループの信号を順次に合波する構成である。

#### 【 0 0 8 1 】

これに対し、図 1 7 の実施の形態例では、分離された偶数番に相当する波長グループの信号光を先に順次に誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 7、1 0 - 8 により合波し、次いで、サーキュレータ回路 1 1 - 6 ~ 1 1 - 8 により、奇数番に相当する波長グループの信号を順次に合波する構成である。

#### 【 0 0 8 2 】

なお、図 1 7 の実施の形態例において、図 1 3 に示した構成と同様に誘電体多層膜フィルタ 1 0 - 7、1 0 - 8 を、サーキュレータ回路 1 1 - 6 ~ 1 1 - 8 と同様に置き換えることも可能である。

#### [第 4 の実施の形態例]

図 1 8 は、本発明の第 4 の実施の形態例であり、広帯域インターバフィルタと誘電体多層膜フィルタの組合せにより光合分波器を構成した例である。図 1 9 は、図 1 8 の各部における波長スペクトルを示す図である。

#### 【 0 0 8 3 】

広帯域ファイバグレーティングを用いて広帯域インターバフィルタを構成することが可能である。マツハツェンダ干渉計を多段接続する構成よりも、ファイバグレーティングで構成した方が多波長グループに対するアイソレーション量の

実現の点で有利である。

【 0 0 8 4 】

光分波器 1 において、波長多重された光信号（図 1 9 A）は、アイソレータ 1 3 を通してカブラ 1 4 - 1 に入力し、ここでパス A、パス B に二分岐される（図 1 9 A, 図 1 9 B）。パス A には奇数グループの波長  $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$  に対応する広帯域ファイバグレーティング 1 1 1 - 1 ~ 1 1 1 - 3 が多段に縦続に接続されている。他方のパス B には偶数グループの波長  $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$  に対応する広帯域ファイバグレーティング 1 1 1 - 4, 1 1 1 - 5 が縦続に接続されている。

【 0 0 8 5 】

パス A において、多段に縦続接続された奇数グループの波長  $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$  に対応する広帯域ファイバグレーティング 1 1 1 - 1 ~ 1 1 1 - 3 は、それぞれ図 1 0 に説明した機能を有し、波長グループ  $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$  の光信号の通過を阻止する。したがって、パス A から偶数波長グループ  $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$  の光信号が出力される（図 1 9 a ~ c）。

【 0 0 8 6 】

一方、パス B において、縦続接続された偶数グループの波長  $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$  に対応する広帯域ファイバグレーティング 1 1 1 - 4, 1 1 1 - 5 は、それぞれ図 1 0 に説明した機能を有し、波長グループ  $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$  の光信号の通過を阻止する。したがって、パス B から奇数波長グループ  $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$  の光信号が出力される（図 1 9 d ~ e）。

【 0 0 8 7 】

上記の通りパス A から出力される偶数波長グループ  $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$  の光信号（図 1 9 c）は、更に分波器 1 2 1 - 1 に入力され、パス B から出力される奇数波長グループ  $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$  の光信号（図 1 9 e）は、分波器 1 2 1 - 2 に入力される。

【 0 0 8 8 】

分波器 1 2 1 - 1 及び 1 2 1 - 2 は、図 5 に示したような誘電体多層膜フィルタを用いて構成することが出来る。分波器 1 2 1 - 1 では、入力される偶数波長グループ  $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$  の光信号をそれぞれに分離して出力する。一方、分波器 1 2

1-2 は、入力される奇数波長グループ  $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$  の光信号をそれぞれに分離して出力する

このように、図 18 の構成では偶数波長グループ及び奇数波長グループ対応に 2 つの分波器 121-1 及び 121-2 に分けているので、これらを構成する誘電体多層膜フィルタに要求される分波特性が緩和出来る。

#### 【0089】

さらに、図 18 において、装置の小型化を図るために、パス A 上の阻止波長の異なるファイバグレーティング 111-1、111-2、111-3 及び、パス B 上の阻止波長の異なるファイバグレーティング 111-4、111-5 をそれぞれパス A、パス B において、図 10 により説明した原理により同一の光ファイバー内に一体に形成することも可能である。

#### 〔第 5 の実施の形態例〕

ここで、先の実施の形態例では波長グループ内の波長数が同じ波長数を採用することを前提にしているが、本発明の適用はかかる場合に限定されない。異なるグループ波長数をサポートするフィルタを組み合わせる使用することにより帯域使用効率(=1 波長グループ当たりの信号帯域幅 / グループ波長の周期波長間隔)を改善することが可能である。

#### 【0090】

図 20 は、かかる適用を実現する光合分波器の実施の形態例である。

#### 【0091】

光分波器 1 を 1 波長グループおきに、グループ内の波長数が少なく急峻な傾斜特性を持つ第 1 のフィルタ素子群 20-1 と、第 1 のフィルタ素子群 20-1 に対してグループ内の波長数が多いが、傾斜が緩い遮断特性を持つ第 2 のフィルタ素子群 20-2 で構成する。

#### 【0092】

前記の第 1 のフィルタ素子群 20-1 と、第 2 のフィルタ素子群 20-2 を構成する各フィルタは、先に図 5 により説明した多層膜誘電体フィルタの使用が可能であり、従って図 20 における第 1 のフィルタ素子群 20-1 と第 2 のフィルタ素子群 20-2 の入出力の接続関係は、図 7 あるいは図 8 を参照して容易に理



解出来る。

#### 【0093】

例えば、図21Aに示すそれぞれ帯域使用効率(4, 2)のフィルタ200～202を用いる第1のフィルタ素子群20-1で、偶数波長グループ $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$ ,  $\lambda G6$ を順次抽出分離する。これにより波長グループ間の間隔即ち、ガードスペースが広がる。

#### 【0094】

ついで、第1のフィルタ素子群20-1に対してグループ内の波長数が多いが、遮断特性の傾斜が緩くなった、例えば、図21Bに示すそれぞれ帯域使用効率(8, 4)のフィルタ203～205を用いる第2のフィルタ素子群20-2を使用して奇数波長グループ $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$ を順次に抽出分離する。

#### 【0095】

一方、光合波器4は、光分波器1の構成に対応して、それぞれ偶数波長グループ $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$ ,  $\lambda G6$ を合波するグループ内の波長数が少なく急峻な傾斜特性を持つフィルタ206～208の第3のフィルタ素子群20-3と、第3のフィルタ素子群20-3に対して波長数が多いが緩やかな傾斜特性を持ち、それぞれ奇数波長グループ $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$ を合波するフィルタ209～211の第4のフィルタ素子群20-4で構成する。

#### 【0096】

第4のフィルタ素子群20-4のフィルタ209～211で順次に奇数波長グループ $\lambda G1$ ,  $\lambda G3$ ,  $\lambda G5$ を合波し、ついで、第3のフィルタ素子群20-3のフィルタ206～208で順次に偶数波長グループ $\lambda G2$ ,  $\lambda G4$ ,  $\lambda G6$ を合波する。

#### 【0097】

このようにして、図21Cに示す如く、帯域使用効率(=12 / 16 : 75%)に高めることが可能である。

#### 【0098】

ここで、フィルタ素子群20-1～20-4のそれぞれのフィルタ200～211に要求される特性において、帯域内の平坦性を確保しつつ、帯域外の信号を遮断するアイソレーション特性が重要である。帯域外の遮断特性が十分でないと

、分波、合波した後に、他のフィルタ部を経由した同一信号がコヒーレントクロストーク成分となり、受信特性を劣化させる。

#### 【0099】

コヒーレントクロストーク成分は波長多重通信システムにおいて、 $-30\text{ dB}$ 以下にする必要がある。コヒーレントクロストーク量は、補償ノード104の光合分波器を通過するごとに累積する。このため、10ノード分の補償ノードを通過すると仮定すると、1ノード当たり $-40\text{ dB}$ 以下、フィルタ部のアイソレーション量として $20\text{ dB}$ 以上が必要になる。

#### 【0100】

しかし、誘電体多層膜フィルタでは同一傾斜を保ちつつ、平坦部分の帯域を拡大するのは困難であり、たとえば、 $20\text{ dB}$ のアイソレーションを確保できる帯域は平坦部分の2倍の帯域が必要である。

#### 【0101】

図21A、21Bは、上記帯域使用効率( $m, n$ )を各々 $(4, 2)$ 、 $(8, 4)$ としたフィルタを使用したときの波長配置を示すが、 $(4, 2)$ のフィルタ、 $(8, 4)$ のフィルタを使用しても、サポートできる波長数は図に示される範囲で $32\lambda$ となり同一である。

#### 【0102】

しかし、本実施の形態例を適用し、帯域使用効率 $(4, 2)$ のフィルタ200～202により構成される第1のフィルタ素子群20-1で最初に偶数番号の波長グループを分離し、その後、帯域使用効率 $(8, 4)$ の203～205により構成される第2のフィルタ素子群20-2で奇数番号の波長グループ信号を分離する。かかる場合は、波長数は $36\lambda$ となりサポート波長数が改善する。

#### 【0103】

また、フィルタ203～205としては、図21Cに点線部分で示す特性でもよく、帯域使用効率 $(8, 4)$ のフィルタ20-2は、よりも緩やかなスロープ特性でよいために大幅に特性要求が緩和され、歩留りの向上が期待できる。

#### 【0104】

なお、同じ手法を用いて、3以上の複数のグループ波長数の異なるフィルタを

組み合わせてもよい。波長グループ数の少ないフィルタでまずいくつかのグループ信号を分離しておき、次に波長グループ数の少ないフィルタで順次グループ信号を分離する。合波する場合は逆に処理を行う。

## 【 0 1 0 5 】

この手法は、更に前記した他の実施の形態例においても適用することが可能である。

## 【 0 1 0 6 】

また、補償ノード 1 0 4 で同一波長グループ内の波長に対してスロープ補償及びレベル補正が劣化するので、波長グループ数の最大値は、分散スロープ補償の精度及びレベル調整の精度を勘案して決める必要がある。

## 【 0 1 0 7 】

使用波長領域内で混在させて、短波長側と長波長側で使い方を变えてもよい。たとえば、1530-1560 nm の C バンドでは光増幅器において短波長側での波長当たりの利得変動が大きい。

## 【 0 1 0 8 】

そのため、レベル制御の点から短波長側は波長帯域幅(グループ波長数)を小さくとり、こまめに調整する必要があり、長波長側は広範囲に渡って利得偏差が少ないので波長帯域幅(グループ波長数)を大きくとることができる。短波長側は(4, 2)のグループ波長数のフィルタで信号を各グループに分離/合波し、長波長側は波長帯域幅(グループ波長数)を大きくし、分離/合波する構成とすることも可能である。

## [第 6 の実施の形態例]

本発明は更に、Add/Drop フィルタ部に適用することも可能である。図 2 2 は、補償ノード 1 0 4 に Add/Drop 用の DMUX フィルタ 5、8 及び MUX フィルタ 6、7 を設けた構成である。

## 【 0 1 0 9 】

これらのフィルタ 5 ~ 8 を先に説明した誘電体多層膜フィルタやファイバグレーティングを用いて構成することが可能である。

## 【 0 1 1 0 】

図 2 3、図 2 4 は、それぞれ図 2 2 における DMUX フィルタ 5、8、及び MUX フィルタ 6、7 の構成例であって、波長間隔が 5 0 G H z と狭く、かつ、信号速度が 1 0 G b / s の場合の構成例である。

## 【 0 1 1 1 】

信号速度が高い場合は、信号波長内の帯域平坦特性への要求特性が厳しく、一方、波長間隔が狭くなると、平坦性の確保が難しくなる。また、誘電体多層膜フィルタでは、急峻な遮断特性をもつフィルタができないため、5 0 G H z 間隔の信号の分離が困難になる。

## 【 0 1 1 2 】

図 2 3 の構成において、アイソレータ 1 3 を通過した光信号を光カプラ 1 4 で二分岐した後、一方のパスにはリジェクション波長が奇数チャンネルの波長に対応するファイバグレーティング 1 5 を配置し、もう一方のパスにはリジェクション波長が偶数チャンネルの波長に対応するファイバグレーティング 1 6 を配置する。

## 【 0 1 1 3 】

ファイバグレーティング 1 5、1 6 により、多段接続した誘電体多層膜フィルタ 1 7、1 8 への入力信号は 1 0 0 G H z 間隔に拡張される。したがって、誘電体多層膜フィルタ 1 7、1 8 において、それぞれ偶数波長信号  $\lambda 2$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 6$ 、及び奇数波長信号  $\lambda 1$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 5$  の分離が容易となる。

## 【 0 1 1 4 】

図 2 4 に示す MUX フィルタ 6、7 における合波処理は、図 2 3 の処理と逆の過程をとれば良く、その詳細説明は省略する。

## 〔第 7 の実施の形態例〕

図 2 5 は、図 2 2 における実施の形態例の変形として、DMUX フィルタ 5 及び MUX フィルタ 6 を AWG (Arrayed Waveguide Grating) デバイスを用いて構成する例である。

## 【 0 1 1 5 】

$n \times n$  周回性をもつ AWG デバイスを使用すると、ひとつの AWG デバイスで全ての波長に対して分離を行なうことができる。

【0116】

かかるAWGデバイスの詳細は、例えば次の論文に記載されている。

【0117】

Op l u s E No.216, P119~126『波長多重用光合分波部品』岡本勝就；

IEEE Photonics Technology Letters, Vol.3, No.9, September, C. Dragone

"An NxN Optical Multiplexer using a planar arrangement of two star coupler"

今、波長数を $\lambda 1 \sim \lambda 38$ とし、図26に示す波長配置のように、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 38$ を $\lambda G1 \sim \lambda G5$ の5つの波長グループとする場合を想定する。

【0118】

図27に示すように、DMUXフィルタ5を $34 \times 34$ の入出力ポートを持つAWGフィルタ20で構成し、各グループ毎に分離された信号を対応する入力ポート①～⑤に入力する。

【0119】

これに対し、各グループの信号波長が各グループ間に1ポート空けた状態で順番に出力される。すなわち、図27において、一番目の入力ポート①に入力される波長グループ $\lambda G1$ の信号光 $\lambda 1 \sim \lambda 6$ が分離されて、順次に出力ポート①～⑥に出力される。

【0120】

さらに、二番目の入力ポート②に入力される波長グループ $\lambda G2$ の信号光 $\lambda 9 \sim \lambda 14$ が分離されて、一つ出力ポート⑦を空けて、順次に8番目の出力ポート～13番目の出力ポートに出力される。同様に、五番目の入力ポート⑤に入力される波長グループ $\lambda G5$ の信号光 $\lambda 33 \sim \lambda 38$ が分離されて、29番目の出力ポート～34番目の出力ポートに出力される。

【0121】

(付記1)

波長多重された複数の波長グループの信号光を、第1の波長グループ群及び前記第1の波長グループ群を構成する波長グループと波長軸上で隣接しない波長グループから構成される第2の波長グループ群とに分波して分離する分波器と、

前記分離された第 1 の波長グループ群及び第 2 の波長グループ群の波長グループ対応に機能処理する機能回路と、

前記機能回路を通して前記分波器に接続され、前記分離された第 1 の波長グループ群と第 2 の波長グループ群を合波する合波器を有する

ことを特徴とする光デバイス。

【 0 1 2 2 】

(付記 2) 付記 1 において、

前記機能回路は、対応する波長グループ毎にレベル調整及び分散補償を行うことを特徴とする光デバイス。

【 0 1 2 3 】

(付記 3) 付記 1 において、

前記複数の波長グループの各々は、複数の異なる波長の光信号を有し、波長グループ間に前記光信号の複数の波長分の間隔を有して波長軸上に配置されていることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 2 4 】

(付記 4)

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、

前記光分波器は、第 1 の波長グループ群及び前記第 1 の波長グループ群を構成する波長グループと波長軸上で隣接しない波長グループから構成される第 2 の波長グループ群とに分波する第一の分波器と、前記分波された第 1 及び第 2 の波長グループ群毎に、それぞれの波長グループ群を構成する波長グループに含まれる複数の異なる波長の信号光に分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された信号光を第 1 及び第 2 の波長グループ群毎に、順次に対応する波長グループに合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された第 1 及び第 2 の波長グループ群を構成する波長グループ順次に合波する第二の合波器を有する  
ことを特徴とする光デバイス。

## 【 0 1 2 5 】

（付記 5）付記 4 において、

前記第一の分波器及び第二の合波器が波長グループ対応に備えられるそれぞれファイバグレーティングとサーキュレータを有する複数のサーキュレータ回路を直列に接続して構成され、前記第二の分波器及び第一の合波器が波長グループ対応に備えられる複数の誘電体多層膜フィルタを直列に接続して構成されることを特徴とする光デバイス。

## 【 0 1 2 6 】

（付記 6）

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、

前記光分波器は、前記波長多重された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された信号光の残りの信号光に対応する、前記波長多重された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された信号光に、前記第一の分波器で分波された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第二の合波器を有することを特徴とする光デバイス。

## 【 0 1 2 7 】

（付記 7）付記 6 において、

前記第一の分波器及び第二の合波器が波長グループ対応に備えられるそれぞれファイバグレーティングとサーキュレータを有する複数のサーキュレータ回路を直列に接続して構成され、前記第二の分波器及び第一の合波器が波長グループ対応に備えられる複数の誘電体多層膜フィルタを直列に接続して構成されることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 2 8 】

(付記 8)

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、

前記光分波器は、前記波長多重された奇数番号の波長グループの信号光と、偶数番号の波長グループの信号光とに分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で分波された奇数番号及び、偶数番号の波長グループの信号光を各々の波長グループに分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で各々の波長グループに分波された信号光を、偶数番号の波長グループと奇数番号の波長グループの各々に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された偶数番号の波長グループの信号光と奇数番号の波長グループの信号光を合波する第二の合波器を有することを特徴とする光デバイス。

【 0 1 2 9 】

(付記 9) 付記 8 において、

前記第一の分波器及び第二の合波器がインタリーバフィルタで構成され、

前記第二の分波器及び第一の合波器が波長グループ対応に備えられる複数の誘電体多層膜フィルタを直列に接続して構成されることを特徴とするデバイス。

【 0 1 3 0 】

(付記 1 0) 付記 9 において、

前記インタリーバフィルタがマツハツェンダ型フィルタを多段接続して構成されることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 3 1 】

(付記 1 1)

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器と機能的に接続され、前記波長グループ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスであって、前記光分波器が

光アイソレータと、



前記光アイソレータを通した波長多重された信号光を二分岐する光カプラと、  
 前記光カプラの一方の出力側に接続された、前記波長多重された信号光の偶数  
 番号の波長グループを阻止する第一のファイバグレーティングと、  
 前記光カプラの他方の出力側に接続された、前記波長多重された信号光の奇数  
 番号の波長グループを阻止する第二のファイバグレーティングと、  
 前記第一のファイバグレーティングからの出力される奇数番号の波長グループ  
 の光信号を各々の波長グループに分離する第一の分離用フィルタと、  
 前記第二のファイバグレーティングからの出力される偶数番号の波長グループ  
 の光信号を各々の波長グループに分離する第二の分離用フィルタを  
 有して構成されることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 3 2 】

(付記 1 2) 付記 1 1 において、

前記第一の分離用フィルタ及び第二の分離用フィルタの各々は、複数の誘電多  
 層膜フィルタを直列に接続して構成されることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 3 3 】

(付記 1 3) 付記 6 において、

前記第一の分波器で分波される偶数番号又は奇数番号の波長グループの各々に  
 含まれる波長数が、前記奇数番号又は偶数番号の波長グループの各々に含まれる  
 波長数よりも少ないことを特徴とする光デバイス。

【 0 1 3 4 】

(付記 1 4)

波長多重された光信号を伝送する伝送路光ファイバー途中に補償ノードを有す  
 る波長多重通信システムにおいて、前記補償ノードは、

波長多重された信号光を波長グループ毎に分波する光分波器と、前記光分波器  
 で分波される波長グループの光信号に対し、レベル調整と波長分散補償を行う機  
 能部と、前記機能部によりレベル調整と波長分散補償をされた、前記波長グルー  
 プ毎に分波された信号光を合波する光合波器を有する光デバイスを備え、

前記光分波器は、前記波長多重された偶数番号又は奇数番号の波長グループの  
 信号光を波長グループ毎に順次に分波する第一の分波器と、前記第一の分波器で

分波された信号光の残りの信号光に対応する、前記波長多重された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を波長グループ毎に順次に分波する第二の分波器を有し、

前記光合波器は、前記第二の分波器で分波された奇数番号又は偶数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第一の合波器と、前記第一の合波器で合波された信号光に、前記第一の分波器で分波された偶数番号又は奇数番号の波長グループの信号光を順次に合波する第二の合波器を有することを特徴とする波長多重通信システム。

【 0 1 3 5 】

(付記 1 5)

波長多重された信号光を入力し、第 1 波長帯域とその他の波長帯域に分波する第 1 分波器と、

前記第 1 分波器のその他の波長帯域の光を入力し、前記第 1 波長帯域と異なる第 2 波長帯域とその他の波長帯域に分波する第 2 分波器と、

前記第 2 分波器で抽出した第 2 波長帯域の光を入力し、少なくとも前記第 2 波長帯域を第 1 合波器に出力する第 2 波長器とを有し、

前記第 1 合波器は、前記第 1 分波器の第 1 波長帯域の光と前記第 2 合波器からの光を合波して出力する

ことを特徴とする光デバイス。

【 0 1 3 6 】

(付記 1 6) 付記 1 5 において、

更に、少なくとも前記第 1 と第 2 波長帯域の間の波長帯域とその他の帯域に分波する第 3 分波器と、

前記第 3 分波器で分波された前記第 1 と第 2 波長帯域の間の波長帯域を入力し、少なくとも前記第 1 と第 2 波長帯域の間の波長帯域を第 2 合波器に出力する第 3 合波器とを有し、

前記第 2 合波器は、前記第 2 分波器の第 2 波長帯域の光と前記第 3 合波器からの光を合波して前記第 1 合波器に出力する

ことを特徴とする光デバイス。

【 0 1 3 7 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、従来に比べて、急峻な合分波特性を実現でき、グルーピングフィルタ特性として、一波長グループに対する使用可能波長数と不使用波長数の関係を（6， 2）以上即ち、帯域の使用効率を75%以上とすることが可能であって、サポートする波長数を増やすことが可能になる。これにより、チャンネル当たりのコストを低減できる超長距離伝送システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

補償ノードを備えた光多重伝送システムの構成例を示す図である。

【図2】

補償ノードに置かれる光合分波器の構成例を示す図である。

【図3】

波長グループを説明する図である。

【図4】

補償ノードで光信号の挿入／分離（a d d / d r o p）を行うための光合分波器の構成を示す図である。

【図5】

誘電体多層膜フィルタを説明する図である。

【図6】

誘電体多層膜フィルタの透過特性を示す図である。

【図7】

図5に示す誘電体多層膜フィルタを多段に組み合わせて構成される従来の光合分波器を示す図である。

【図8】

本発明に従う光合分波器の第1の実施の形態例を示す図である。

【図9】

図8の実施の形態例における第一の分波器としての光サーキュレータ回路の構

成を示す図である。

【図 1 0】

ファイバグレーティング (FBG) を説明する図である。

【図 1 1】

誘電体多層膜フィルタと、ファイバグレーティング (FBG) との特性を比較する図である。

【図 1 2】

図 8 の各部の波長スペクトルを示す図である。

【図 1 3】

サーキュレータ回路のみを用いて、光号分波器を構成する例を示す図である。

【図 1 4】

本発明に従う光合分波器の第 2 の実施の形態例を示す図である。

【図 1 5】

図 1 4 の対応する各部位での波長成分スペクトルを示す図である。

【図 1 6】

第 2 の実施の形態例における波長分離特性を説明する図である。

【図 1 7】

本発明に従う光合分波器の第 2 の実施の形態例であって、図 8 に示す実施の形態例の変形例を示す図である。

【図 1 8】

本発明の第 4 の実施の形態例を示す図である。

【図 1 9】

図 1 8 の実施の形態例の各部の波長スペクトルを示す図である。

【図 2 0】

本発明の第 5 の実施の形態例を示す図である。

【図 2 1】

第 5 の実施の形態における (4, 2), (8, 4) のフィルタを使用したときの波長配置を示す図である。

【図 2 2】

光合分波器に add/drop 用の DMUX/MUX フィルタを設けた実施の形態例を示す図である。

【図 23】

図 22 における DMUX フィルタの構成例である。

【図 24】

図 22 における MUX フィルタの構成例である。

【図 25】

図 22 における実施の形態例の変形として、DMUX/MUX フィルタを AWG (Arrayed Waveguide Grating) デバイスを用いて構成する実施の形態例である。

【図 26】

AWG (Arrayed Waveguide Grating) デバイスの特性を説明する波長配置の例である。

【図 27】

AWG (Arrayed Waveguide Grating) デバイスを用いた DMUX フィルタの構成例である。

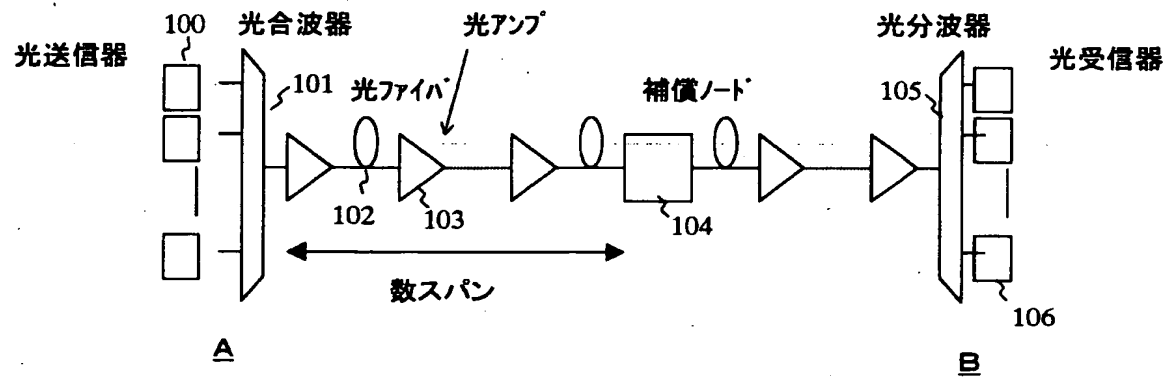
【符号の説明】

補償ノード 104

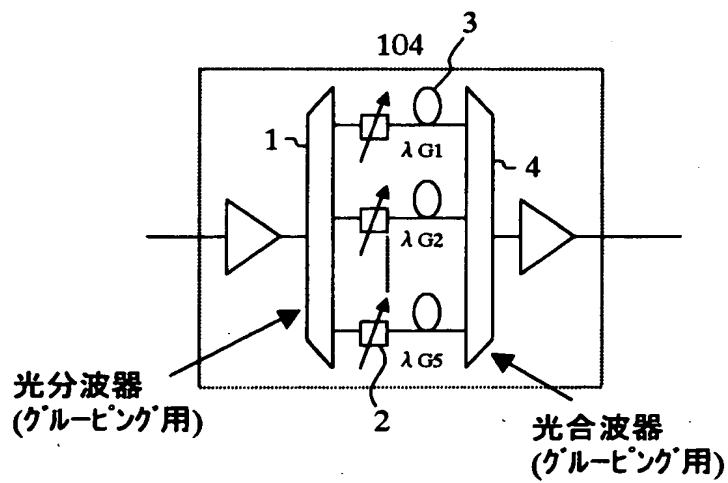
- 1 光分波器
- 2 レベル調整器
- 3 分散補償ファイバー
- 4 光合波器
- 10 誘電体多層膜フィルタ
- 11 サーキュレータ回路
- 110 サーキュレータ
- 111 ファイバグレーティング
- 12 インタリーバフィルタ

【書類名】 図面

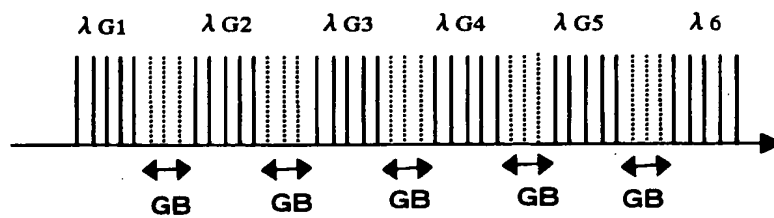
【図 1】



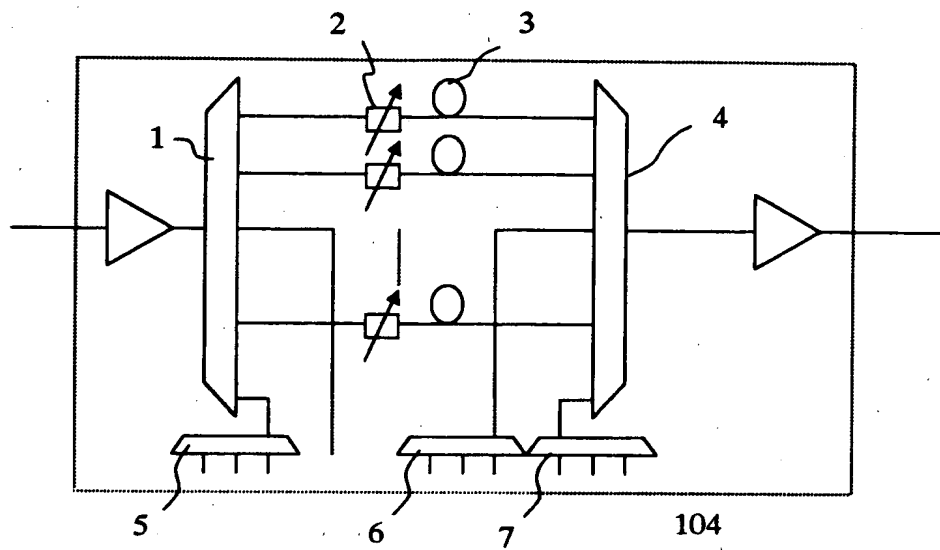
【図 2】



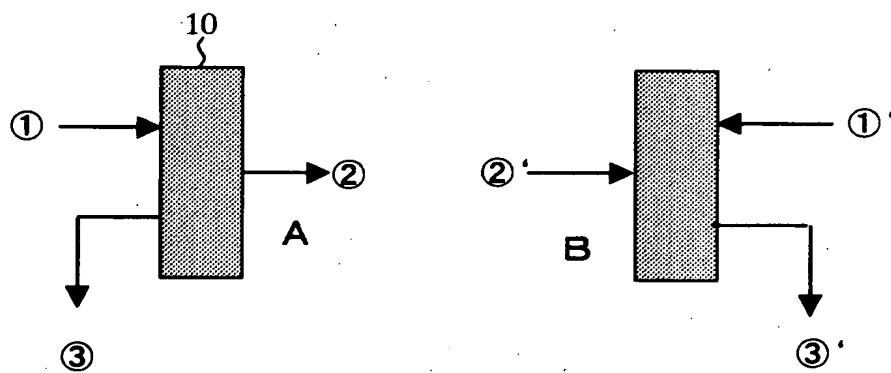
【図 3】



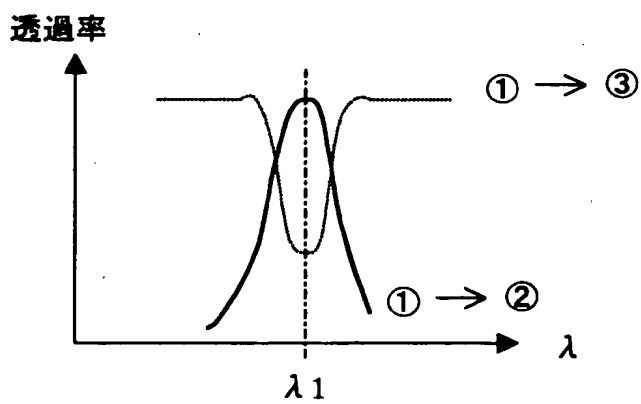
【図4】



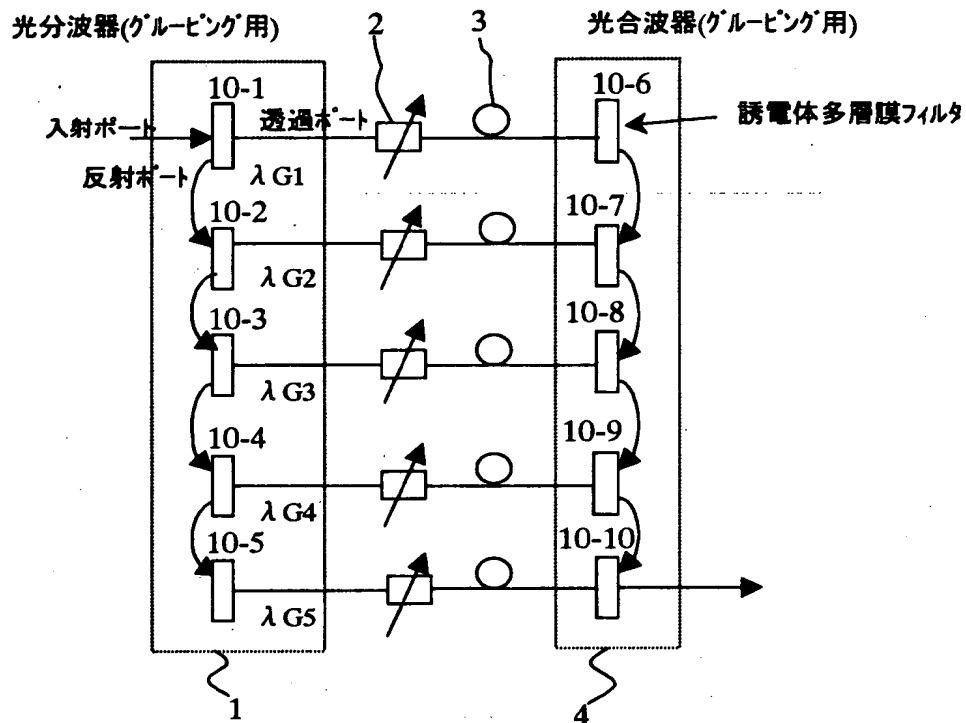
【図5】



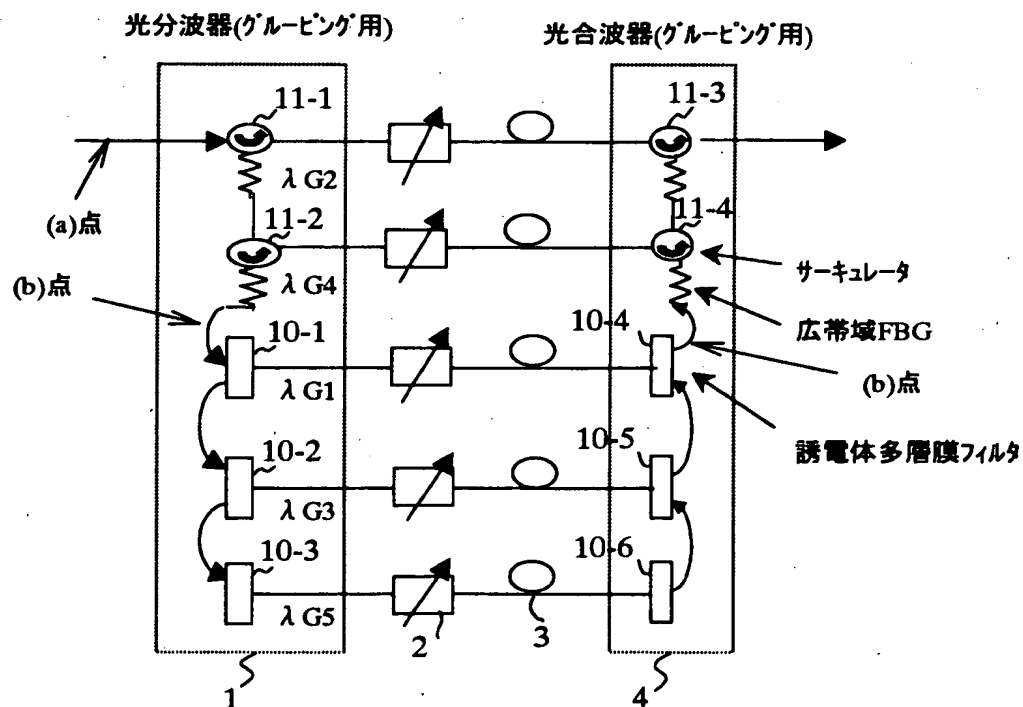
【図6】



【図 7】

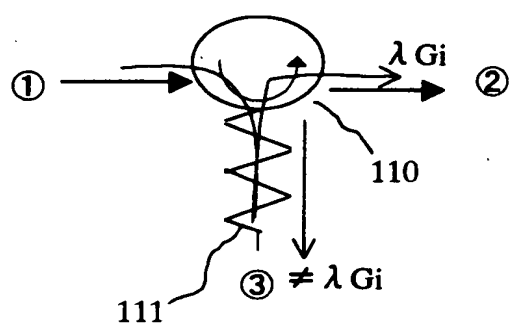


【図 8】

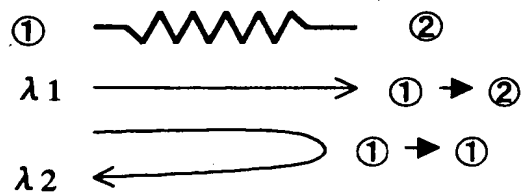




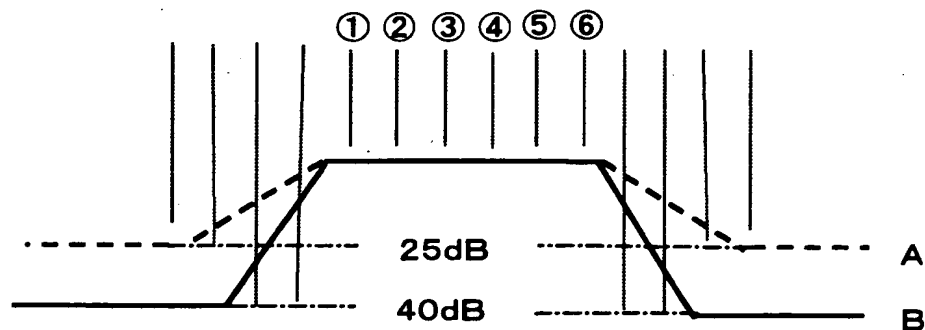
【図 9】



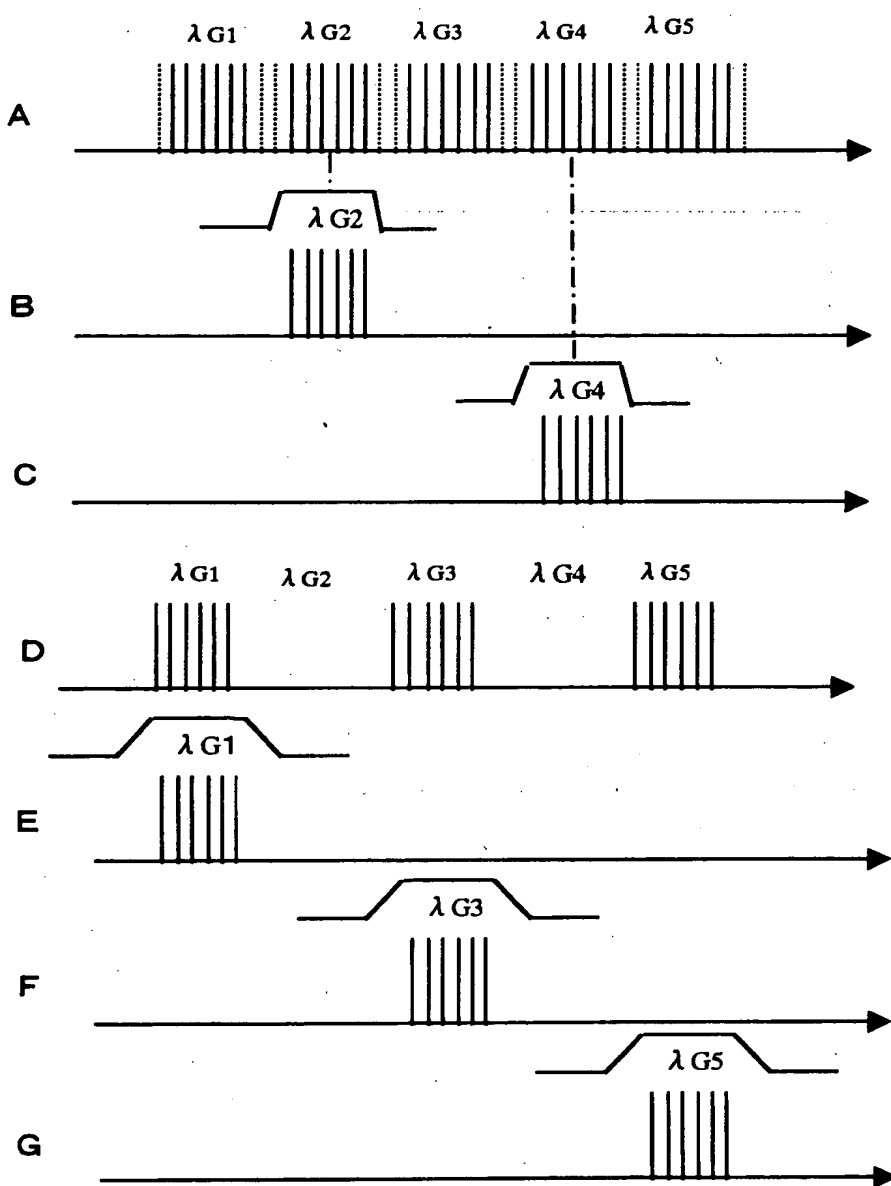
【図 10】



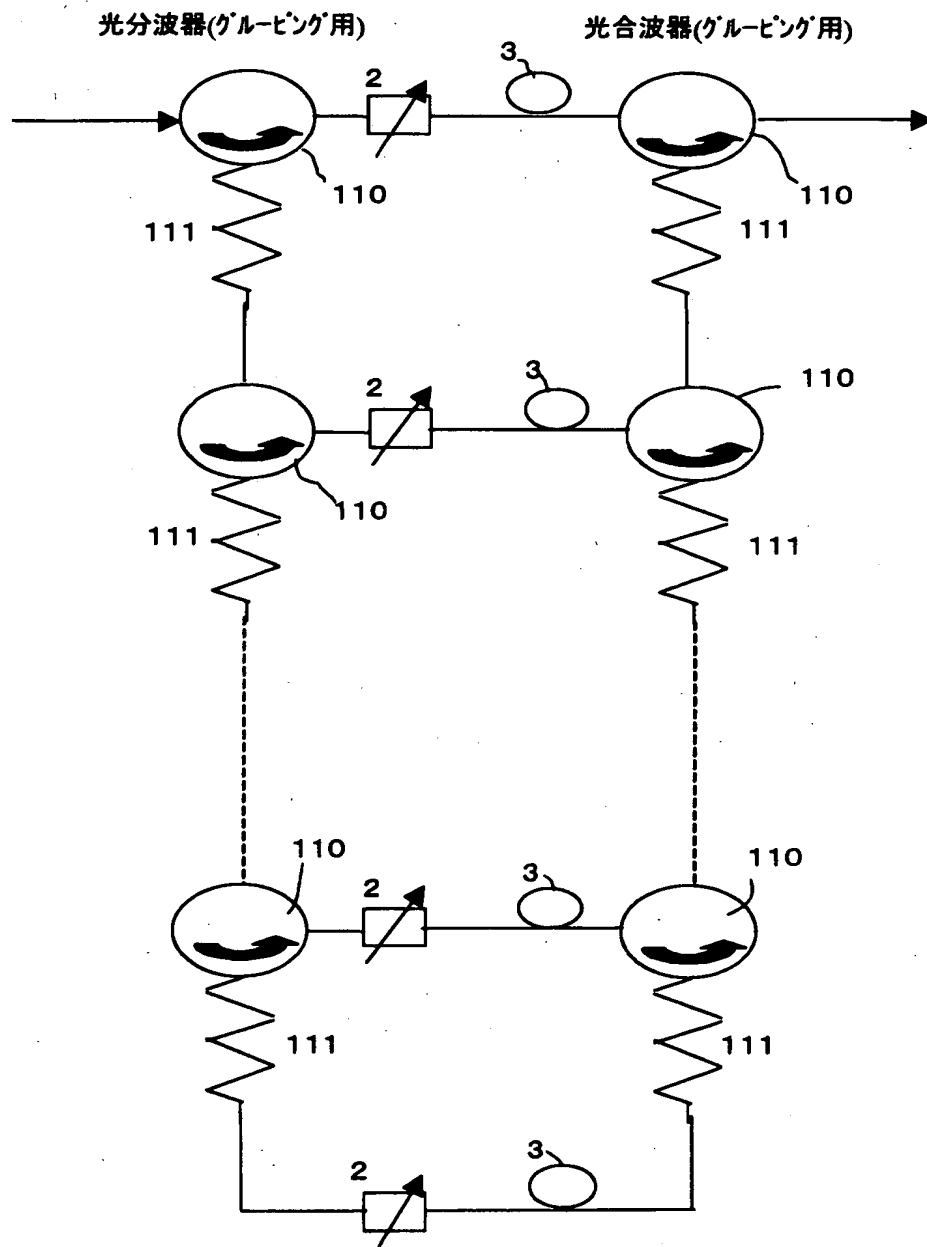
【図 11】



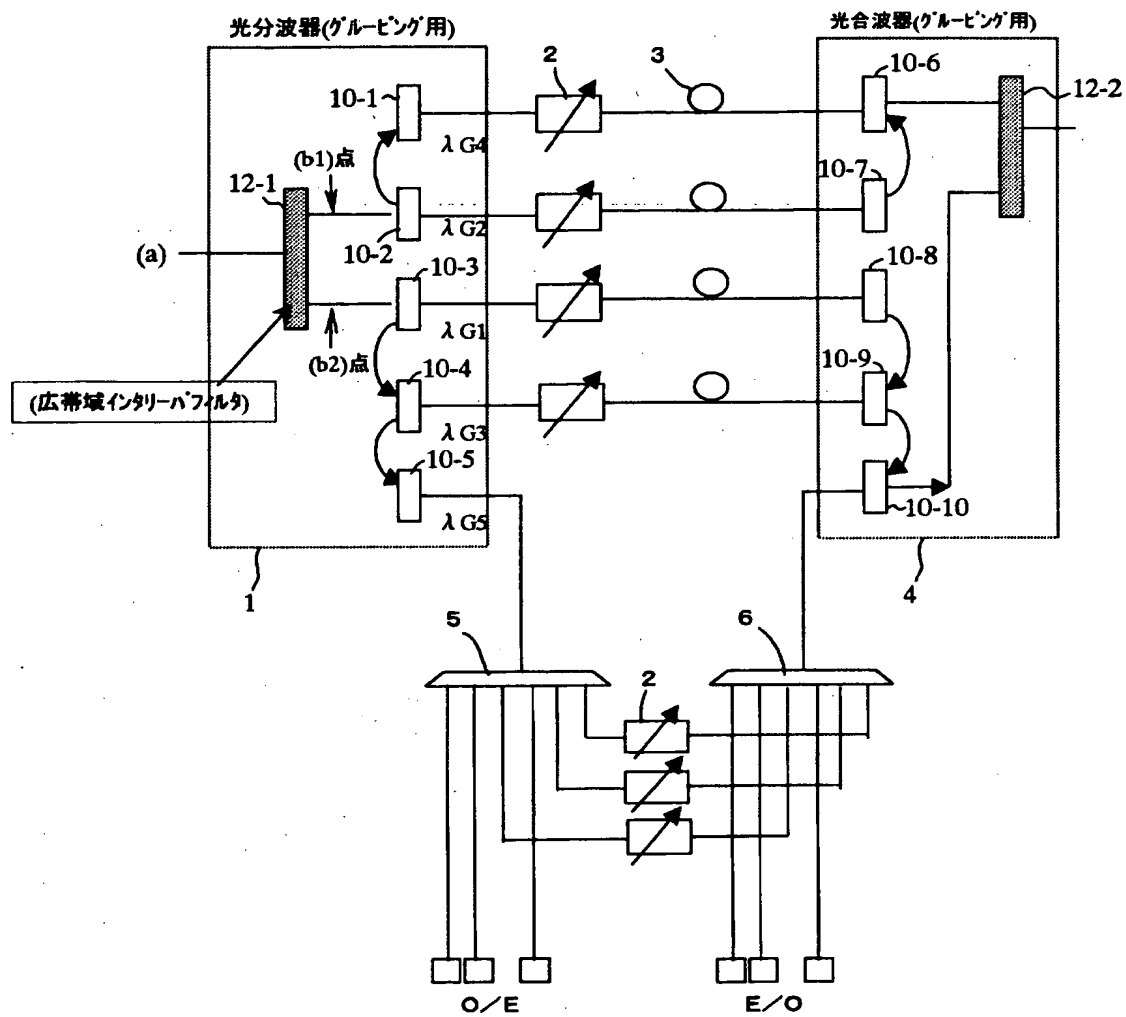
【図12】



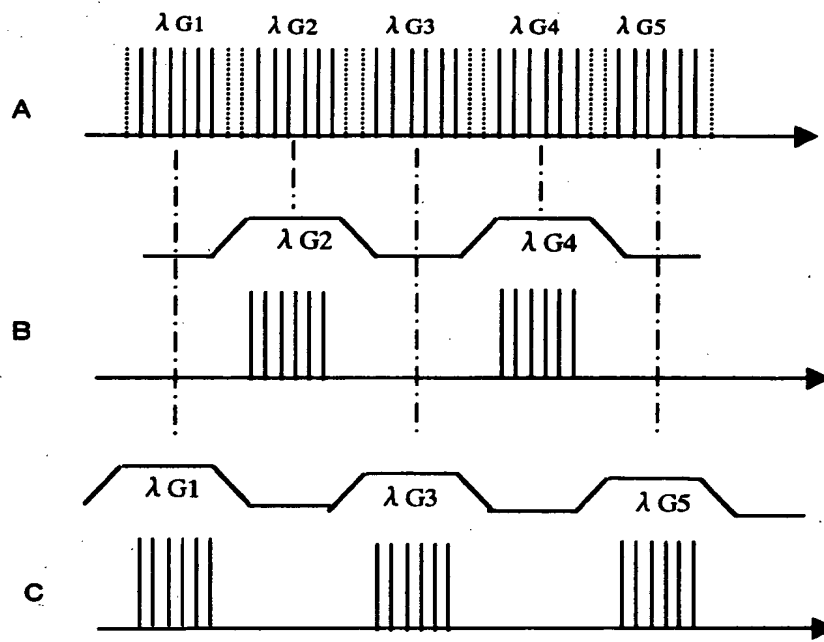
【図 13】



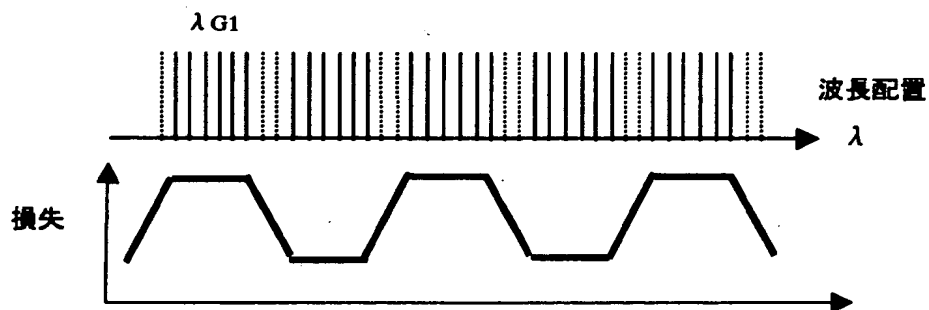
【図 14】



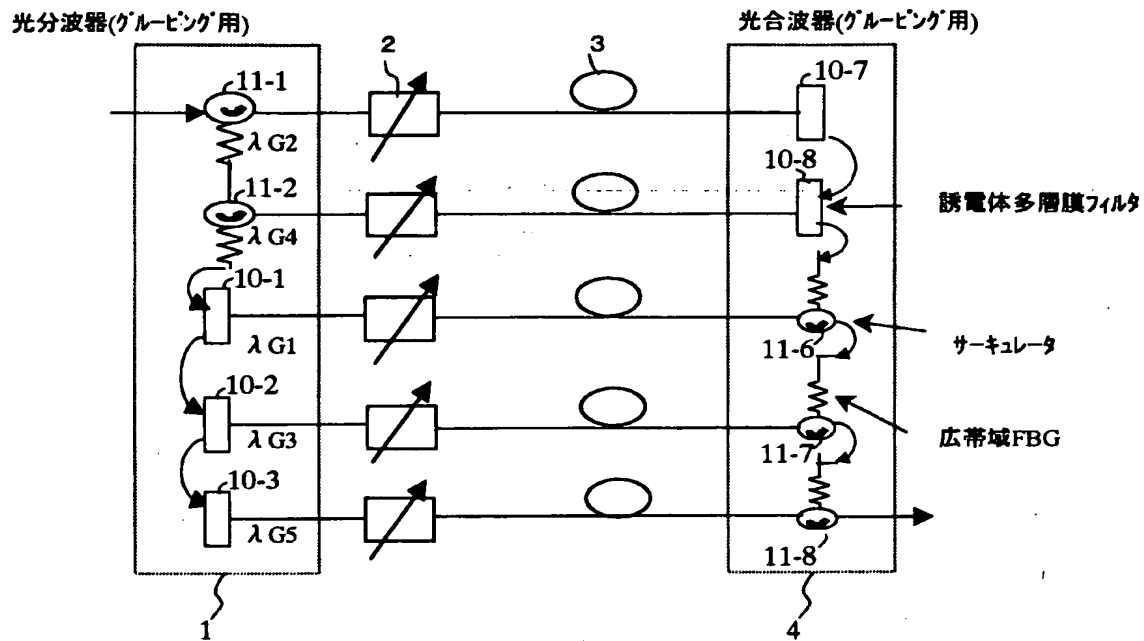
【図 15】



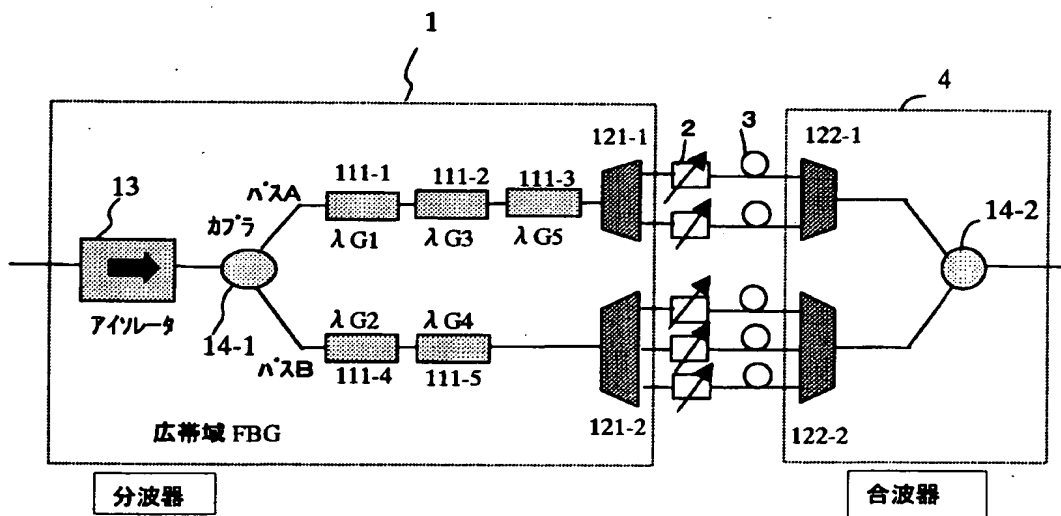
【図 16】



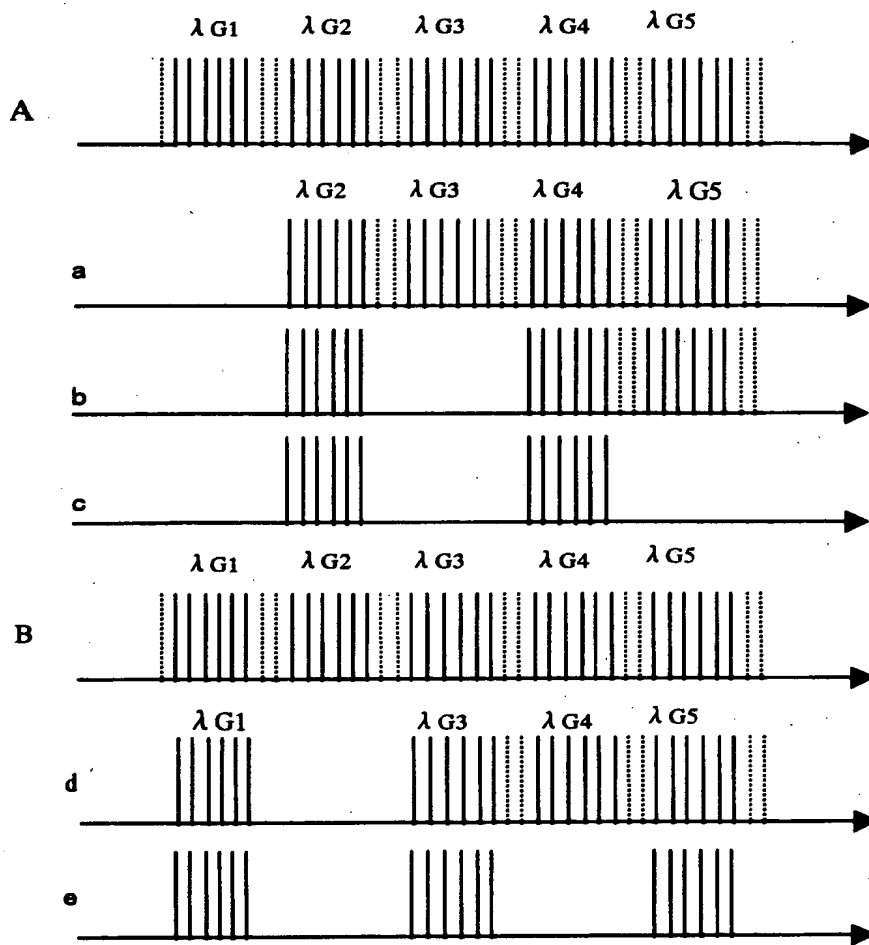
【図 17】



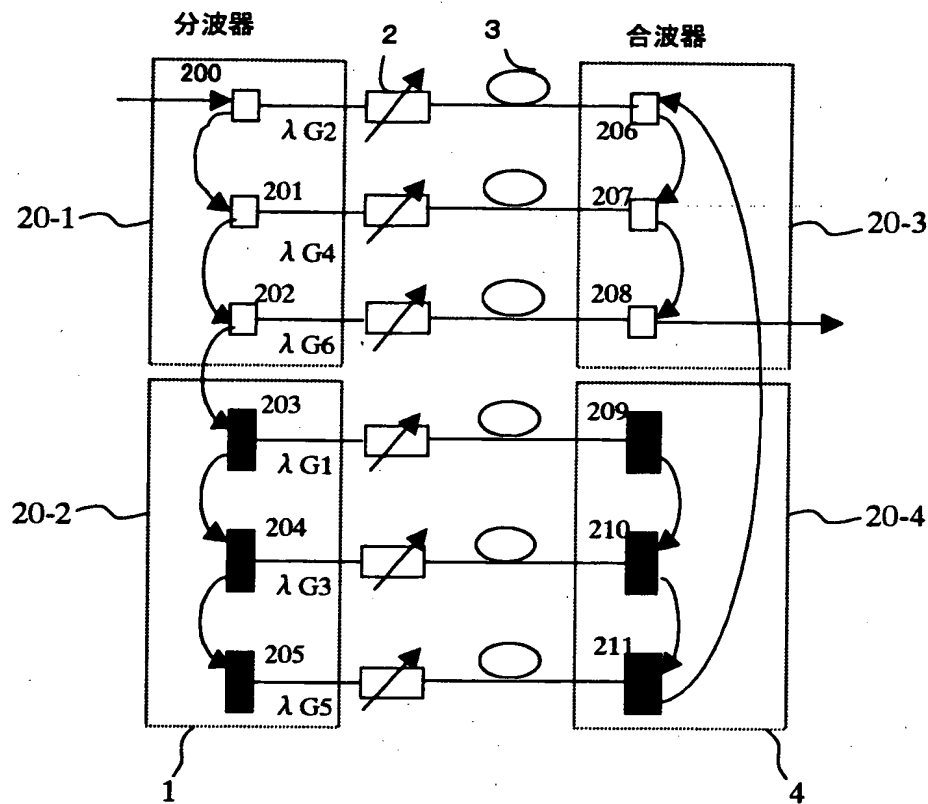
【図 18】



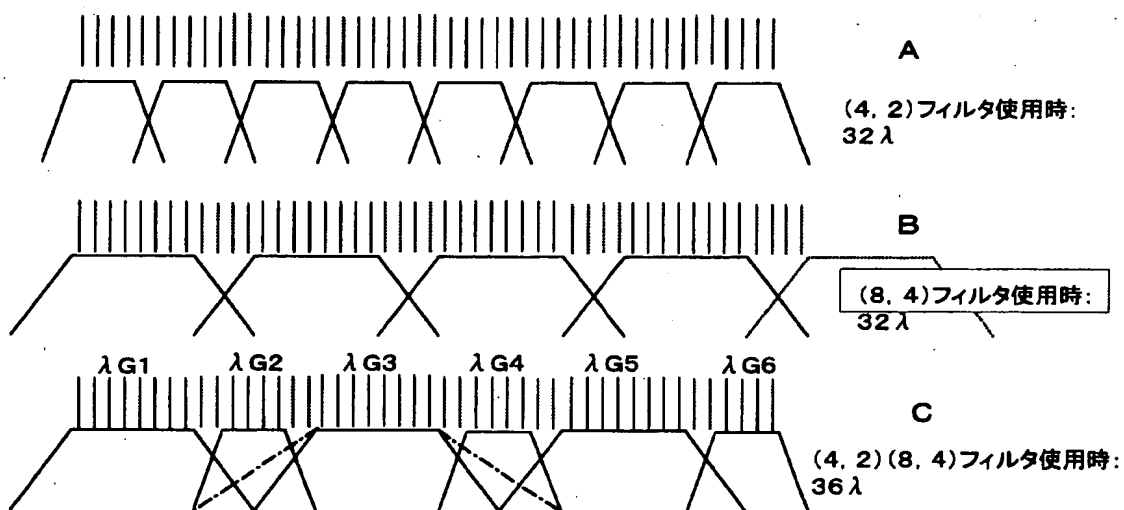
【図19】



【図 2 0】

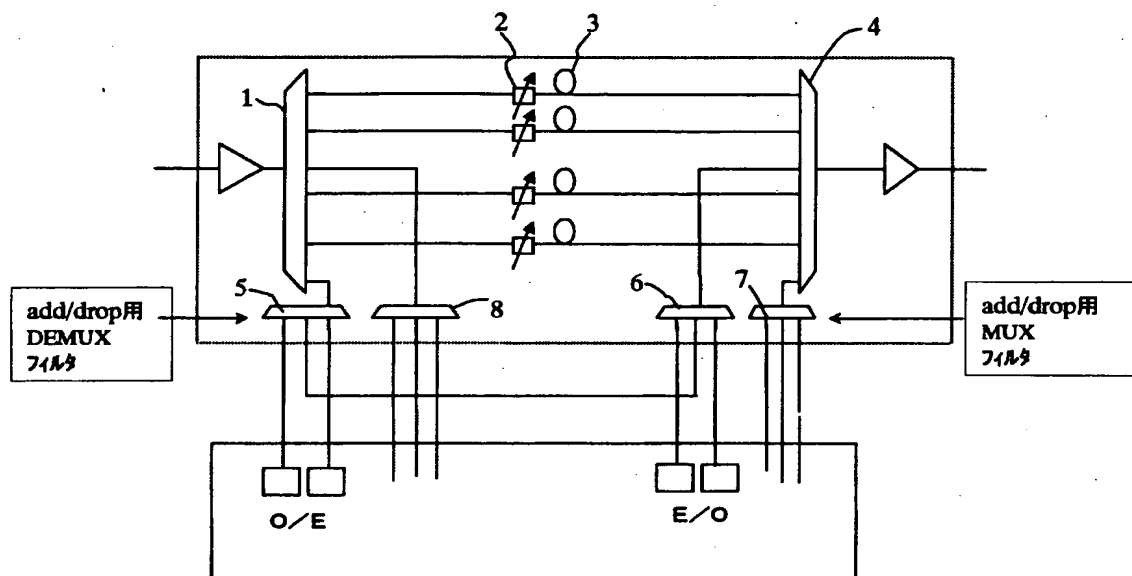


【図 2 1】

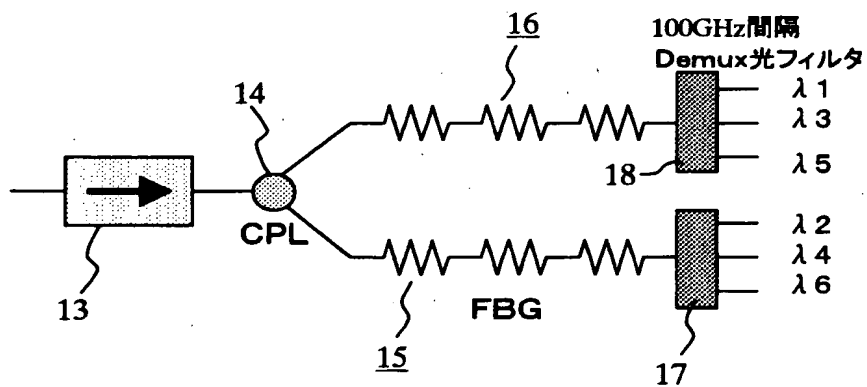




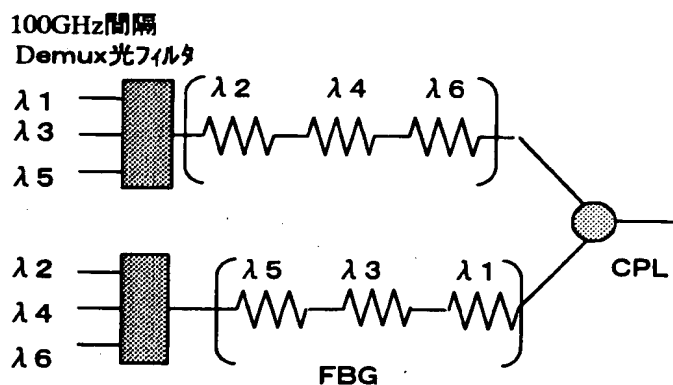
【図 2 2】



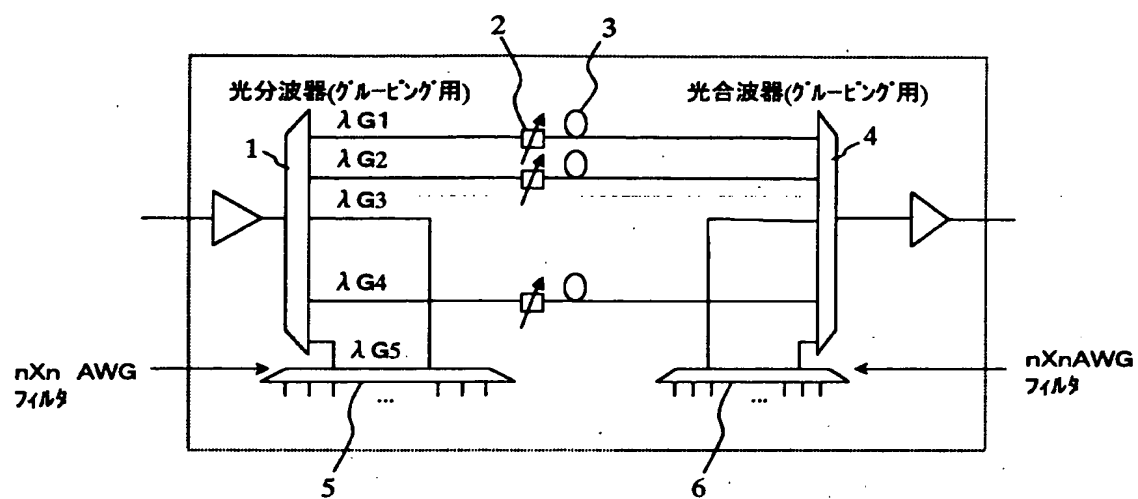
【図 2 3】



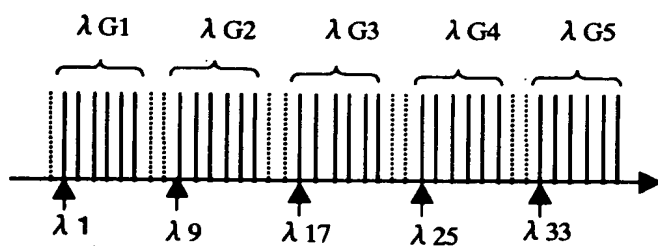
【図 2 4】



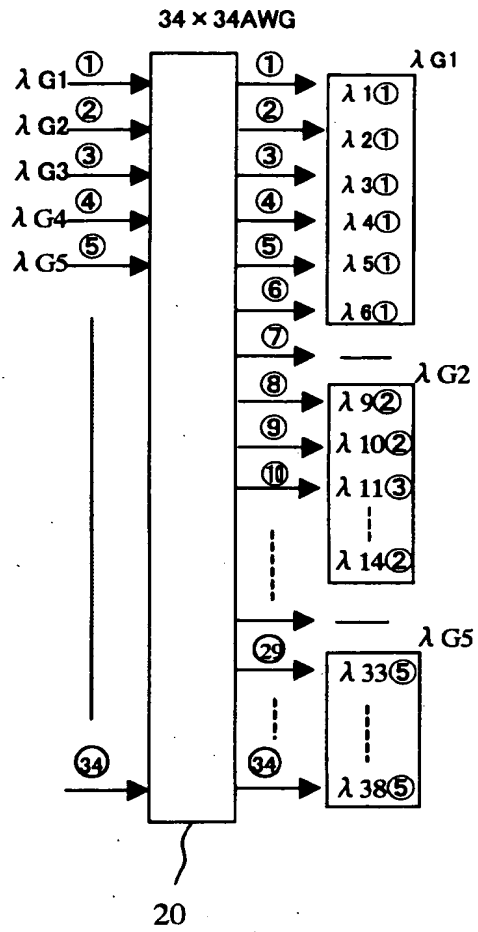
【図 25】



【图 2 6】



【図 2 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 1 波長グループ当たりの信号帯域幅の割合を大きくして帯域の使用効率を高めることを可能とする光デバイス及びこれを用いる波長多重伝送システムを提供する。

【解決手段】 波長多重された複数の波長グループの信号光を、第 1 の波長グループ群及び前記第 1 の波長グループ群を構成する波長グループと波長軸上で隣接しない波長グループから構成される第 2 の波長グループ群とに分波して分離する分波器と、前記分離された第 1 の波長グループ群及び第 2 の波長グループ群の波長グループ対応に機能処理する機能回路と、前記機能回路を通して前記分波器に接続され、前記分離された第 1 の波長グループ群と第 2 の波長グループ群を合波する合波器を有することを特徴とする。

【選択図】 図 8

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-074857
受付番号	50100375070
書類名	特許願
担当官	大竹 仁美 4128
作成日	平成13年 3月23日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100094514

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三東  
昇ビル3階 林・土井 国際特許事務所

【氏名又は名称】 林 恒徳

【代理人】

【識別番号】 100094525

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三東  
昇ビル3階 林・土井 国際特許事務所

【氏名又は名称】 土井 健二

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0000052-23].....

1. 変更年月日 1996年 3月26日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号  
氏 名 富士通株式会社